

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт

Кафедра Материаловедение и технологии обработки материалов

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____/ В. И. Темных/
(подпись)
«__» _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

**Исследование диффузионных соединений стали 45 через пористый
порошковый слой никеля**

Направление 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Профиль 22.03.01.07 Материаловедение и технологии материалов в
машиностроении

Выпускник

(подпись, дата)

С.Д. Глушков

Научный руководитель
доцент кафедры М и ТОМ
кандидат технических наук

(подпись, дата)

Г. М. Зеер

Нормоконтроллер

(подпись, дата)

Л. А. Свечникова

Красноярск 2018 г.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Материаловедение и технологии обработки материалов»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В. И. Темных
(подпись)
« ____ » _____ 2018 г

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту (ке) Глушкову Сергею Дементьевичу

Группа *МТ 14-01Б* Направление (специальность) *22.03.01*
«Материаловедение и технологии обработки материалов»

Тема выпускной квалификационной работы: «Исследование диффузионных соединений стали 45 через пористый порошковый слой никеля»

Утверждена приказом по университету № 2261/с от 14.02.2018

Руководитель ВКР: Г. М. Зеер, доцент, к.т.н. кафедры
«Материаловедение и технологии обработки материалов»

Исходные данные для ВКР: задание кафедры «М и ТОМ»;
информационный обзор, исследования на кафедре.

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР):

- 1 Обзор литературных данных.
- 2 Исходные материалы, экспериментальное оборудование и методы исследования.
- 3 Результаты экспериментов и их обсуждение.

Руководитель ВКР

Г.М. Зеер

(подпись)

Задание принял к исполнению

С.Д. Глушков

(подпись)

« ____ » _____ 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Диффузионная сварка однородных и разнородных материалов	5
1.1 Достоинства и недостатки диффузионной сварки.....	5
1.2 Основные технологические параметры процесса диффузионной сварки.....	7
1.3 Механизм формирования диффузионного соединения.....	10
1.4 Промежуточные слои, их роль и вклад в формирование диффузионного соединения.....	14
1.5 Оборудование для диффузионной сварки.....	19
2 Методы получения и исследования образцов.....	25
2.1 Методика получения диффузионных соединений.....	25
2.2 Электронно-микроскопические методы исследования исходных материалов и образцов	26
3 Эксперимент.....	28
3.1 Выбор давления прессования порошкового слоя и технология получения образцов.....	28
3.2 Исследование микроструктуры переходной зоны и порошковой прослойки.....	30
3.3 Исследование элементного и фазового состава переходной зоны и порошковой прослойки.....	32
Приложение 1	46
Приложение 2.....	47

ВВЕДЕНИЕ

Создание новых композиционных соединений материалов, значительно отличающихся друг от друга физико-химическими, электрохимическими свойствами, а также узлов и изделий из них, позволяющих снизить металлоемкость конструкций при одновременном повышении служебных характеристик, надежности и эксплуатационной долговечности соответствующего оборудования, является одним из приоритетных направлений совершенствования технологических процессов в различных отраслях промышленности.

Решению данных задач способствует применение диффузионной сварки, позволяющей разработать и внедрить новые конструкционные и функциональные материалы, обладающие повышенными, а в ряде случаев уникальными жаропрочными, теплофизическими, антикоррозионными и другими свойствами.

Основными параметрами технологии диффузионной сварки являются температура, сварочное давление и продолжительность изотермической выдержки. Для образования качественного соединения необходимо учитывать сложность и разнообразие физико-химических процессов взаимодействия соединяемых материалов, этот процесс достаточно трудоемкий. Поэтому существует необходимость теоретического и экспериментального исследования диффузионных соединений конкретных сочетаний разнородных материалов. Применение промежуточных слоев позволяет получать диффузионные соединения однородных и разнородных материалов при пониженных температурах сварки, что приводит к снижению деформации свариваемых материалов. Применение промежуточного слоя позволяет снизить температуру получения диффузионного соединения.

При ДС материалов с учетом их физико-химических, прочностных и эксплуатационных свойств, следует выбрать необходимые технологию и параметры режима и, если необходимо, промежуточный слой, его состав, вид и

метод исполнения. Единый подход к выбору материала промежуточных слоев на основе структурированных данных о химическом составе, физико-механических свойствах и технологическом исполнении промежуточных слоев для диффузионного соединения разнородных материалов, а также классификации их по технологическому назначению является по-прежнему актуальными.

На основании этого сформулирована цель работы: получение и исследование диффузионного соединения стали 45 через промежуточный прессованной порошковый слой, позволяющий активировать диффузионные процессы и снизить температуру ДС.

Задачи:

- сделать обзор литературы по теории и технологии диффузионной сварки;

- получить диффузионное соединение образцов из стали 45 через промежуточный слой из нанопорошков никеля, кобальта и их механической смеси;

- изучить микроструктуру порошкового слоя и переходной зоны диффузионных соединений;

- исследовать фазообразование и диффузионные процессы на границе раздела соединений. Определить ширину переходной зоны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены и описаны методики получения образцов диффузионных соединений, исследования микроструктуры, элементного состава, используемое оборудование и приборы.

Получены образцы диффузионных соединений сталь 45 – порошковая пресованная прослойка – сталь 45. Для изготовления прослойки использованы порошки Ni, Co. Исследована микроструктура диффузионных соединений, определена ширина переходных зон. Выявлены составы фаз, формирующих переходную зону в процессе твердофазного соединения образцов.

Выводы:

- сделан обзор литературы по теории и технологии диффузионной сварки;

- получены диффузионные соединения образцов из стали 45 через промежуточный слой из нанопорошков кобальта, никеля и их механической смеси;

- изучена микроструктура порошкового слоя и переходной зоны диффузионных соединений;

- исследовано фазообразование и диффузионные процессы в переходной зоне соединений, определена ее ширина. Выявлено, что диффузия Ni, Co идет в сталь 45 на меньшую глубину, чем Fe в Ni, Co прослойки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Люшинский, А. В. Диффузионная сварка разнородных материалов / А. В. Люшинский. – М: Издательский центр «Академия», 2006. – 208 с.
- 2 Конюшков, Г. В. Специальные методы сварки давлением / Г. В. Конюшков, Р. А. Мусин, Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2009. – 632 с.
- 3 Казаков, Н. Ф. Диффузионная сварка материалов / Н. Ф. Казаков. – М.: Машиностроение, 1981. – 271 с.
- 4 Казаков, Н. Ф. Диффузионная сварка материалов./ Н. Ф. Казаков – М.: Машиностроение, 1976.–312 с.
- 5 Михеев, А. А. «Диффузионная сварка магнитных сплавов» / А. А. Михеев, «Технология машиностроения» № 3, 2003. С. 26–29.
- 6 Петренко, В. Р. Влияние технологических параметров диффузионной сварки сплава ВТ20 на качество сварного соединения / В. Р. Петренко, В. Ю. Полевин, Г. П. Бесплохотный, А. В. Пешков // Сварочное производство – 2005. – №6 – С. 17-20.
- 7 Григорьевский, В. И. Некоторые особенности пластической деформации материала в зоне контакта при диффузионной сварке тонкостенных конструкций / В. И. Григорьевский, В. К. Аникин // Сварочное производство – 1988. – №11 – С. 31-33.
- 8 Бачин, В. А. Диффузионная сварка кварцевого стекла через алюминиевую прокладку / В. А. Бачин, А. Г. Браун, Э. А. Горицкая, В. Н. Казаков, Н. А. Трифонова // Сварочное производство – 1981. – №6 – С. 27-29.
- 9 Казаков, Н. Ф. Диффузионная сварка железоборосиликатного стекла с применением пластичной прокладки / Н. Ф. Казаков, А. А. Жарких, А. Г. Браун, Н. П. Бублик // Сварочное производство – 1984. – №10 – С. 15-16.
- 10 Шоршоров, М. Х. Клинопрессовая сварка давлением разнородных металлов / М. Х. Шоршоров, В. А. Колесниченко, В. П. Алехин – М.: Металлургия, 1982. – 112 с.

11 Кочергин, К. А. Контактная сварка / К. А. Кочергин – Л.: Машиностроение, 1987.–240 с.

12 Диаграммы состояния двойных металлических систем. Справочник: В 3 т.: Т. 2 / Под общ. ред. Н. П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996. – 992 с.

13 Казаков, Н. Ф. Диффузионная сварка железоборосиликатного стекла с применением пластичной прокладки / Н. Ф. Казаков, А. А. Жарких, А. Г. Браун, Н. П. Бублик // Сварочное производство – 1984. – №10 – С. 15-16.

14 Евдокимов, В. Р. Диффузионная сварка охватывающего соединения алюмооксидной керамики с коррозионно-стойкой сталью / В. Р. Евдокимов, С. А. Каштанов, Л. Н. Ладю, С. Н. Шубин // Сварочное производство –1995. – №8 – С. 2–3.

15 Прокопьев, С. В. Исследование и разработка технологии диффузионной сварки сегнетомягкой пьезокерамики с металлами Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Красноярск 2003.

16 Люшинский, А. В. Диффузионная сварка через промежуточные прокладки на основе смесей ультрадисперсных порошков металлов. Ч. 1. получение промежуточных прокладок на основе ультрадисперсных порошков никеля, меди и кобальта / А. В. Люшинский // Сварочное производство – 1992. – №11 – С. 22-27.

17 Люшинский, А. В. Диффузионная сварка через промежуточные прокладки на основе смесей ультрадисперсных порошков металлов. Ч. 2. Кинетика спекания под давлением порошковых промежуточных прокладок / А. В. Люшинский // Сварочное производство – 1992. – №12 – С. 16-22.

18 Каракозов, Э. С. Использование промежуточных сред на основе никеля для диффузионной сварки магнитных материалов / Э. С. Каракозов, В. Г. Панаев, В. Э. Тарлавский // Сварочное производство –1984. – №4 – С. 15-17

19 Каракозов, Э. С. Диффузионная сварка магнитных материалов через пористые прокладки из прокатанных лент / Э. С. Каракозов, В. Г. Панаев,

В. Э. Тарлавский, А. В. Люшинский // Сварочное производство – 1984. – №10 – С. 18-20.

20 Люшинский, А. В. «Критерии выбора промежуточных слоев при диффузионной сварке разнородных материалов» / А. В. Люшинский // Сварочное производство. – 2001. – № 5. – С. 40-43.

21 Люшинский, А. В. Особенности диффузионной сварки вольфрамового сплава ВНЖ95 / А. В. Люшинский, В. И. Малинов, Н. И. Качалин, Г. В. Баранов // Сварочное производство. 2008. – № 8. – С. 26–28.

22 Гельман, А. С. Основы сварки давлением / А. С. Гельман, М.: Машиностроение, 1970. – 310 с.

23 Адаменко, Н. А. Свойства сварных соединений композиционного материала с промежуточными активированными прослойками / Н. А. Адаменко, Ю. П. Трыков, А. В. Фетисов, Э. В. Седов // Сварочное производство – 2000. – №8 – С. 17-19.

24 Каракозов, Э. С. Соединение магнитно-твердых сплавов типа ЮНДК с электротехнической сталью / Э. С. Каракозов, В. В. Абрамов, В. К. Федотов // Автоматическая сварка. – 1969. – № 9. – С. 43–45.

25 Вансовская, К. М. Металлические покрытия, нанесенные химическим способом / К. М. Вансовская, Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. – 103 с.

26 Анциферов, В. Н. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / В. Н. Анциферов, Г. В. Бобров, Л. К. Дружинин и др. М.: Металлургия, 1987. – 792 с.

27 Вансовская, К. М. Металлические покрытия, нанесенные химическим способом / К. М. Вансовская, Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. – 103 с.

Таблица 3.2 – Параметры прессовок порошка Ni

№ обр.	Давление прессования P , МПа	Плотность ρ , г/см ³	Пористость Π , %
1	100	4,02	55
2	200	4,41	50
3	300	4,90	45
4	400	5,00	44
5	500	5,13	42
6	600	5,38	40
7	700	5,33	40
8	800	5,03	43
9	900	5,50	38

Приложение 2

Таблица 1 – элементный состав линейного спектра образца Сталь 45 –Co (300МПа), атомн. %

Spectrum	Fe	Co
Line Spectrum(1)	100.00	0
Line Spectrum(2)	100.00	0
Line Spectrum(3)	100.00	0
Line Spectrum(4)	100.00	0
Line Spectrum(5)	98.46	1.54
Line Spectrum(6)	69.13	30.87
Line Spectrum(7)	33.81	66.19
Line Spectrum(8)	30.67	69.33
Line Spectrum(9)	29.88	70.12
Line Spectrum(10)	14.32	85.68
Line Spectrum(11)	8.49	91.51
Line Spectrum(12)	7.59	92.41
Line Spectrum(13)	5.92	94.08
Line Spectrum(14)	2.11	97.89
Line Spectrum(15)	2.49	97.51
Line Spectrum(16)	1.43	98.57
Line Spectrum(17)	3.47	96.53
Line Spectrum(18)	1.85	98.15
Line Spectrum(19)	11.26	88.74
Line Spectrum(20)	2.73	97.27
Line Spectrum(21)	6.50	93.50
Line Spectrum(22)	1.23	98.77
Line Spectrum(23)	2.26	97.74
Line Spectrum(24)	2.31	97.69
Line Spectrum(25)	1.30	98.70

Таблица 2 – элементный состав линейного спектра образца Сталь 45 –Co – Ni (300МПа), атомн. %.

Spectrum	Fe	Co	Ni
Line Spectrum(1)	100.00	0	0
Line Spectrum(2)	100.00	0	0
Line Spectrum(3)	100.00	0	0
Line Spectrum(4)	100.00	0	0
Line Spectrum(5)	97.52	0	2.48
Line Spectrum(6)	93.38	0	6.62
Line Spectrum(7)	84.66	0	15.34
Line Spectrum(8)	58.55	8.12	33.33
Line Spectrum(9)	26.94	10.56	62.50
Line Spectrum(10)	25.31	17.55	57.14
Line Spectrum(11)	17.36	44.17	38.47
Line Spectrum(12)	13.17	50.05	36.78
Line Spectrum(13)	15.03	19.91	65.06
Line Spectrum(14)	9.13	20.64	70.23
Line Spectrum(15)	8.07	13.17	78.76
Line Spectrum(16)	6.87	25.03	68.10
Line Spectrum(17)	2.67	18.32	79.01
Line Spectrum(18)	3.27	44.51	52.21
Line Spectrum(19)	3.00	21.02	75.97
Line Spectrum(20)	3.48	19.03	77.49
Line Spectrum(21)	2.73	21.26	76.01
Line Spectrum(22)	2.56	17.54	79.90
Line Spectrum(23)	1.72	24.94	73.34
Line Spectrum(24)	1.88	28.46	69.66
Line Spectrum(25)	0	41.34	58.66

Таблица 3 – элементный состав линейного спектра образца Сталь 45 –Co (500МПа), атомн. %

Spectrum	Fe	Co
Line Spectrum(1)	100.00	0
Line Spectrum(2)	100.00	0
Line Spectrum(3)	100.00	0
Line Spectrum(4)	100.00	0
Line Spectrum(5)	85.97	14.03
Line Spectrum(6)	75.53	24.47
Line Spectrum(7)	68.59	31.41
Line Spectrum(8)	66.64	33.36
Line Spectrum(9)	54.94	45.06
Line Spectrum(10)	47.47	52.53
Line Spectrum(11)	41.37	58.63
Line Spectrum(12)	35.85	64.15
Line Spectrum(13)	31.00	69.00
Line Spectrum(14)	26.80	73.20
Line Spectrum(15)	14.10	85.90
Line Spectrum(16)	14.76	85.24
Line Spectrum(17)	12.93	87.07
Line Spectrum(18)	12.81	87.19
Line Spectrum(19)	9.41	90.59
Line Spectrum(20)	10.69	89.31
Line Spectrum(21)	7.16	92.84

Таблица 4 – Элементный состав линейного спектра образца Сталь 45 –Co – Ni (500МПа), атомн. %.

Spectrum	Fe	Co	Ni
Line Spectrum(1)	100.00	0	0
Line Spectrum(2)	100.00	0	0
Line Spectrum(3)	100.00	0	0
Line Spectrum(4)	100.00	0	0
Line Spectrum(5)	100.00	0	0
Line Spectrum(6)	92.85	0	7.15
Line Spectrum(7)	88.14	0	11.86
Line Spectrum(8)	60.19	7.91	31.90
Line Spectrum(9)	38.10	13.15	48.75
Line Spectrum(10)	32.90	13.71	53.38
Line Spectrum(11)	30.84	17.29	51.88
Line Spectrum(12)	27.89	15.04	57.07
Line Spectrum(13)	25.22	11.33	63.45
Line Spectrum(14)	24.47	11.87	63.66
Line Spectrum(15)	22.19	10.26	67.55
Line Spectrum(16)	22.12	14.08	63.80
Line Spectrum(17)	19.71	13.74	66.55
Line Spectrum(18)	16.82	14.14	69.04

Таблица 5 – элементный состав линейного спектра образца Сталь 45 –Ni (500МПа), атомн. %

Spectrum	Fe	Ni
Line Spectrum(1)	100.00	0
Line Spectrum(2)	100.00	0
Line Spectrum(3)	100.00	0
Line Spectrum(4)	100.00	0
Line Spectrum(5)	100.00	0
Line Spectrum(6)	98.46	1.54
Line Spectrum(7)	40.67	59.33
Line Spectrum(8)	30.39	69.61
Line Spectrum(9)	30.30	69.70
Line Spectrum(10)	12.46	87.54
Line Spectrum(11)	23.03	76.97
Line Spectrum(12)	18.88	81.12
Line Spectrum(13)	15.90	84.10
Line Spectrum(14)	12.60	87.40
Line Spectrum(15)	10.99	89.01
Line Spectrum(16)	12.09	87.91
Line Spectrum(17)	5.39	94.61
Line Spectrum(18)	7.63	92.37
Line Spectrum(19)	6.19	93.81
Line Spectrum(20)	4.28	95.72
Line Spectrum(21)	2.20	97.80

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт
«Материаловедение и технологии обработки материалов»
Кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Темных В.И.

подпись

инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Исследование диффузионных соединений стали 45 через пористый
порошковый слой никеля

Направление 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
код и наименование направление
22.03.01.07 Материаловедение и технологии материалов в машиностроении
код и наименование направление магистерской программы

Научный руководитель

Г. М. Зеер
подпись, дата

доцент, к.т.н. Г. М. Зеер
должность, ученая степень, инициалы, фамилия

Выпускник

С. Д. Глушков
подпись, дата

С. Д. Глушков
инициалы, фамилия

Нормоконтроль

Л. А. Свечникова
подпись, дата

доцент, к.т.н. Л. А. Свечникова
должность, ученая степень, инициалы, фамилия

Красноярск 2018 год

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт
«Материаловедение и технологии обработки материалов»
Кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Темных В.И.

подпись

инициалы, фамилия

« » 2018 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Бакалавру Глушкову Сергею Дементьевичу

Группа МТ14-01Б Направление (специальность) 22.03.01

Материаловедение и технологии материалов

Тема выпускной квалификационной работы: «Исследование диффузионных соединений стали 45 через пористый порошковый слой никеля»

Утверждена приказом по университету № 2261/с от 14.02.2018 г.

Руководитель ВКР доцент, к.т.н. Г. М. Зеер

Исходные данные для ВКР информационный обзор, исследования на кафедре

Перечень разделов ВКР:

1. Литературный обзор.
 2. Исходные материалы, экспериментальное оборудование и методы исследования.
 3. Результаты экспериментов и их обсуждение.
- Приложения.

Руководитель ВКР

Г. М. Зеер
подпись, дата

доцент, к.т.н. Г. М. Зеер
должность, ученая степень, инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

С.Д. Глушков 22.06.18
подпись, дата

С.Д. Глушков
инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2018 г.